

量子生命技術開発に係る実規模実験環境の整備  
「量子融合イノベーション領域」における  
研究開発の加速（量子生命技術）〈Q-LEAP〉

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）

「量子技術領域」

令和2年度成果

令和3年3月

文部科学省

# 資料1 「量子融合イノベーション領域」における研究開発の加速（量子生命技術）〈Q-LEAP〉の概要

アドオン額：50,000千円(文科省)

元施策・有/PRISM事業・新規/継続予定

## 課題と目標

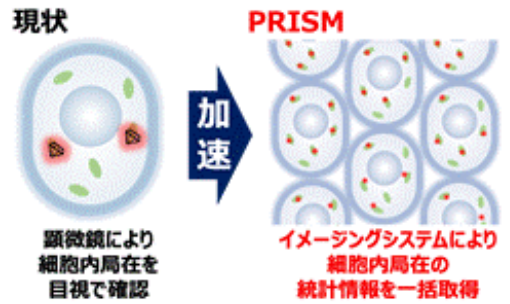
- (課題) 医学・生命科学での利活用を促進するために生体ナノ量子センサを導入した多数の細胞の特性を同時に観測することができるイメージングシステムが必要。
- (目標) 光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) 量子計測・センシングでは、多数細胞計測イメージングシステムの導入により、全身レベルでのセンサの特異的送達技術を開発する。出口戦略として生体ナノ量子センサシステムの社会実装の早期化を目指す。

## 「量子融合イノベーション領域の早期実行」の概要

■元施策：量子センサ（生体ナノ量子センサ）の医療・生命分野での社会実装に向け、細胞内の温度、pH等の多項目を同時に計測するための技術を開発  
(R2年度：1,159,000千円)

■PRISMで実施する理由：  
生体内の多数の細胞の数・位置を定量計測するイメージングシステムを導入し、特定部位への送達技術の開発を加速する

■テーマの全体像：



## Q-LEAP（量子計測・センシング）

### Flagship

量子生命 (R2年度～)  
・細胞内の多項目を同時計測する  
生体ナノ量子センサシステムの開発等

## PRISM（量子生命技術）

生体ナノ量子センサの機能化加速  
ナノ量子センサ送達技術の開発加速のための多細胞計測イメージングシステムの導入  
・ダイヤモンドの表面処理や加工により生体内の特定部位や腫瘍等へ送達する技術の開発を加速

○生体ナノ量子センサの開発が加速。細胞システムの定量的な理解が進み、疾病の病理解明等、生命科学・医学研究に大きく貢献

## 出口戦略

光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) 量子計測・センシングでは、多数細胞計測イメージングシステムの導入により、全身レベルでのセンサの特異的送達技術を開発する。出口戦略として生体ナノ量子センサシステムの社会実装の早期化を目指す。多細胞一括計測イメージングシステム開発

## 民間研究開発投資誘発効果等

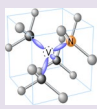
○数兆円規模の世界市場を持つバイオイメージング市場の一部が当該技術で置き換わる可能性がある。従って機器メーカー等からの投資により、生体ナノ量子センサの特定の臓器や腫瘍への送達技術開発が加速し、細胞システムの定量的な理解が進み、疾病の病理解明等、生命科学・医学研究に貢献する技術を創出する見込み（測定装置メーカー、光学メーカー等から5年で0.3億円相当）1

アドオン(文部科学省): 50,000千円  
元施策名: (Q-LEAP量子計測・センシング) 1,159,000千円

量子計測・センシング

◆ Flagshipプロジェクト

- ◆ ダイヤモンドNVセンタを用いて脳磁場の計測システムを開発し、室温で磁場等の高感度計測



◆ 基礎基盤研究

- ◆ 量子もつれ光センサ、量子原子磁力計、量子慣性センサ等の研究

◆ Flagshipプロジェクト(量子生命)

- ◆ 生命現象の機能解明や疾患の早期発見等への活用を見据えた、細胞内の多項目を同時計測する生体ナノ量子センサシステムの開発 など

◆ 既存Flagshipの拡充

- ◆ 新たに、電力システムなどのインフラを非侵襲・非接触で安全に故障の予兆をとらえる計測技術を開発

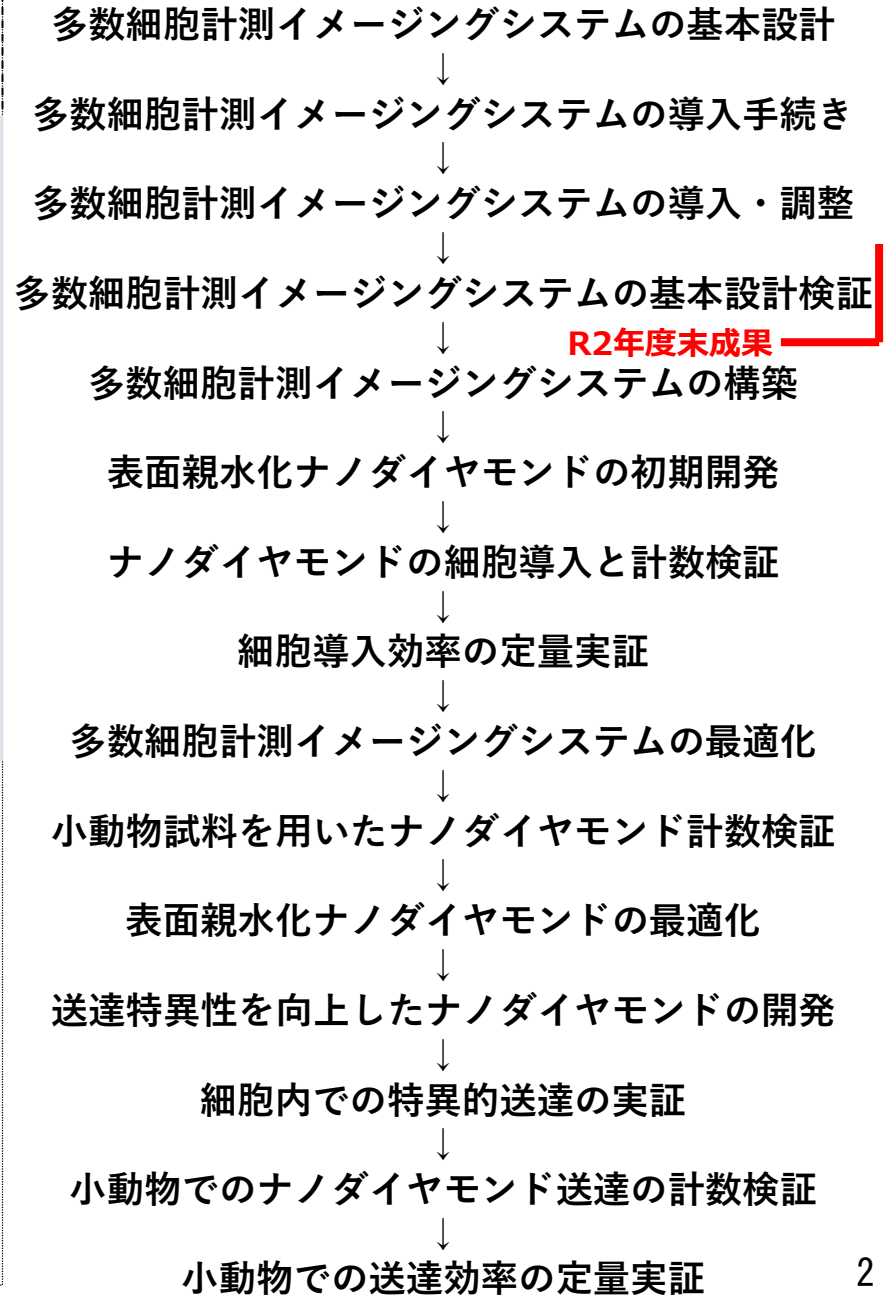


【PRISM】

◆ Flagshipプロジェクト(量子生命)

- ◆ 生命現象の機能解明や疾患の早期発見等への活用を見据えた、細胞内の多項目を同時計測する生体ナノ量子センサシステムの開発を行い脳神経科学、免疫学、がん科学、再生医療や細胞生物学へ応用し病態検出や治療効果の早期判定を目指す。

【開発のイメージ】



**資料3「量子融合イノベーション領域」における研究開発の加速(量子生命技術) <Q-LEAP>の目標達成状況**

○施策全体の目標  
 光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) 量子計測・センシングでは、多数細胞計測イメージングシステムの導入により、全身レベルでのセンサの特異的送達技術を開発する。出口戦略として生体ナノ量子センサシステムの社会実装の早期化を目指す。

事業名等 (※個別に目標を設定している場合)	当年度目標	目標の達成状況
① 量子生命 (R2年度～) ・細胞内の多項目を同時計測する生体ナノ量子センサシステムの開発等	イメージングシステムを導入し、生体量子ナノセンサの細胞内での位置の確認や細胞への導入数の定量計測に向けた調整を実施する。	システムを導入し、生体量子ナノセンサの細胞内での位置の確認や細胞への導入数の定量計測に向けて基本設計の検証を行った。社会実装の早期化に向け企業等との連携を図っている。

※基本設計の検証  
 右記の基本設計方針に従った装置となっているか試験計測を実施し検証を行った。

<p><b>多数細胞計測イメージングシステムの基本設計方針</b></p>	<p><b>光源</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・405 nm、488 nm、532 nm、561 nm、640 nmのレーザー光源</li> </ul>	<p><b>PC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・細胞数とナノダイヤモンド数の自動計数</li> <li>・ボリュームアナリシス</li> <li>・ODMR計測ソフトも将来的に実装</li> </ul>
<p><b>共焦点システム</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・レゾナントスキャナによる高速スキャン</li> <li>・GaAsPフォトマル検出</li> <li>・APD用の拡張ポート (将来的に実装)</li> </ul>	<p><b>顕微鏡システム</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・40x NA1.15 水浸対物レンズ(70h給水)</li> <li>・温度・CO<sub>2</sub>・O<sub>2</sub>制御</li> <li>・マルチウェル多点観察 (最大384ウェル)</li> </ul>	<p><b>視野観察システム</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・有効画素数2000ピクセルx2000ピクセル</li> <li>・視野数25mm</li> <li>・量子収率 80%@700nm</li> </ul>

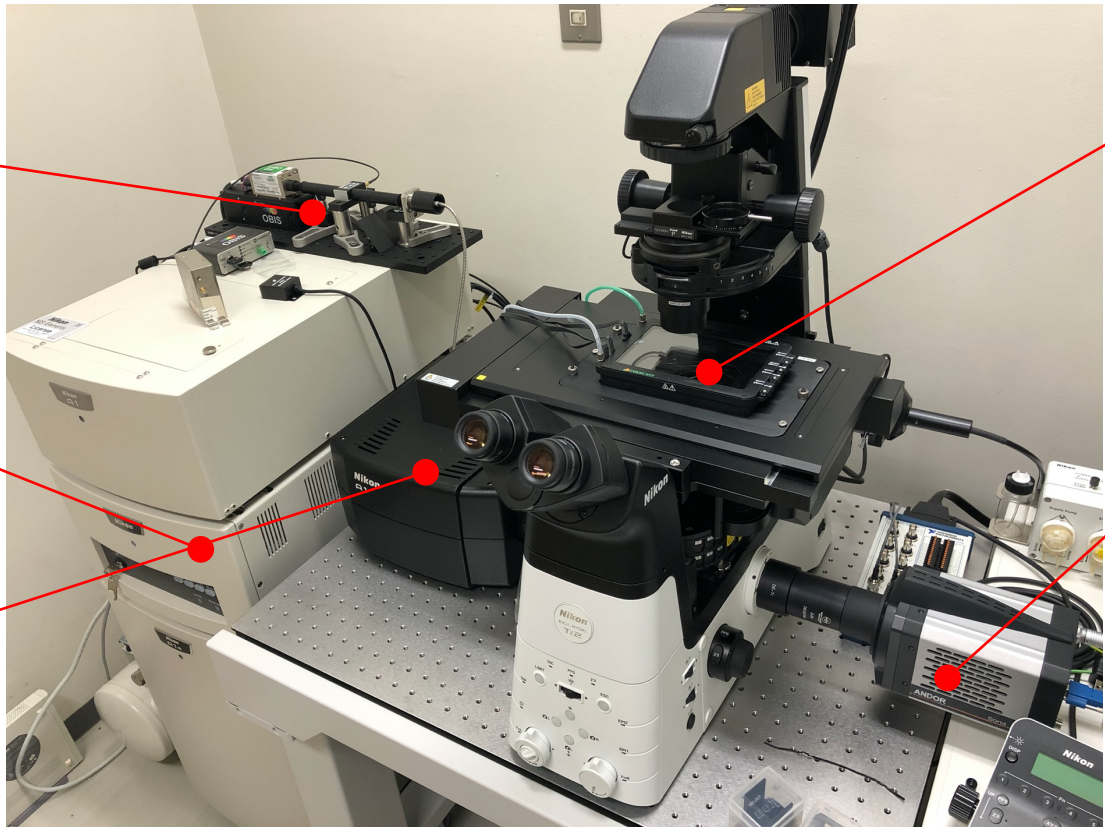
○細胞内の多項目を同時計測する生体ナノ量子センサシステムの開発等

細胞内での特異的な送達や生物個体内での高い安定性を有する高品位な生体ナノ量子センサーを開発するためには、ナノダイヤモンドの細胞での導入効率や送達効率を定量的に議論する必要があります。これを実現するためには、細胞内の蛍光ナノダイヤモンドの個数計数を多数の細胞に対してハイスループットで計数するイメージングシステムの実装が不可欠である。当年度はこれを実現する多数細胞計測イメージングシステムを導入し定量計測に向けた調整を実施した。これにより多数細胞計測イメージングシステムの基本設計の検証を行った。

光源1  
NVセンター用  
(532nm+  
AOMパルス化)

光源2  
生命計測用  
(405nm、488nm、  
561nm、640nm)

共焦点システム  
(レゾナントスキャナ、  
GaAsP検出、  
APD用拡張ポート)



顕微鏡システム  
(40x NA1.15水浸  
レンズ(70h給水)、  
温度・CO<sub>2</sub>・O<sub>2</sub>制御、  
マルチウェル多点観察  
(最大384ウェル))

視野観察  
システム  
(2000x2000pixel、  
視野数25mm、  
量子収率80%)

PC  
(細胞・ND数自動係数、  
ボリュームアナリシス、  
ODMR計測ソフトも  
将来的に実装可能)

共焦点と視野観で全自動かつ高速でナノダイヤモンドの細胞導入・送達効率を定量可能

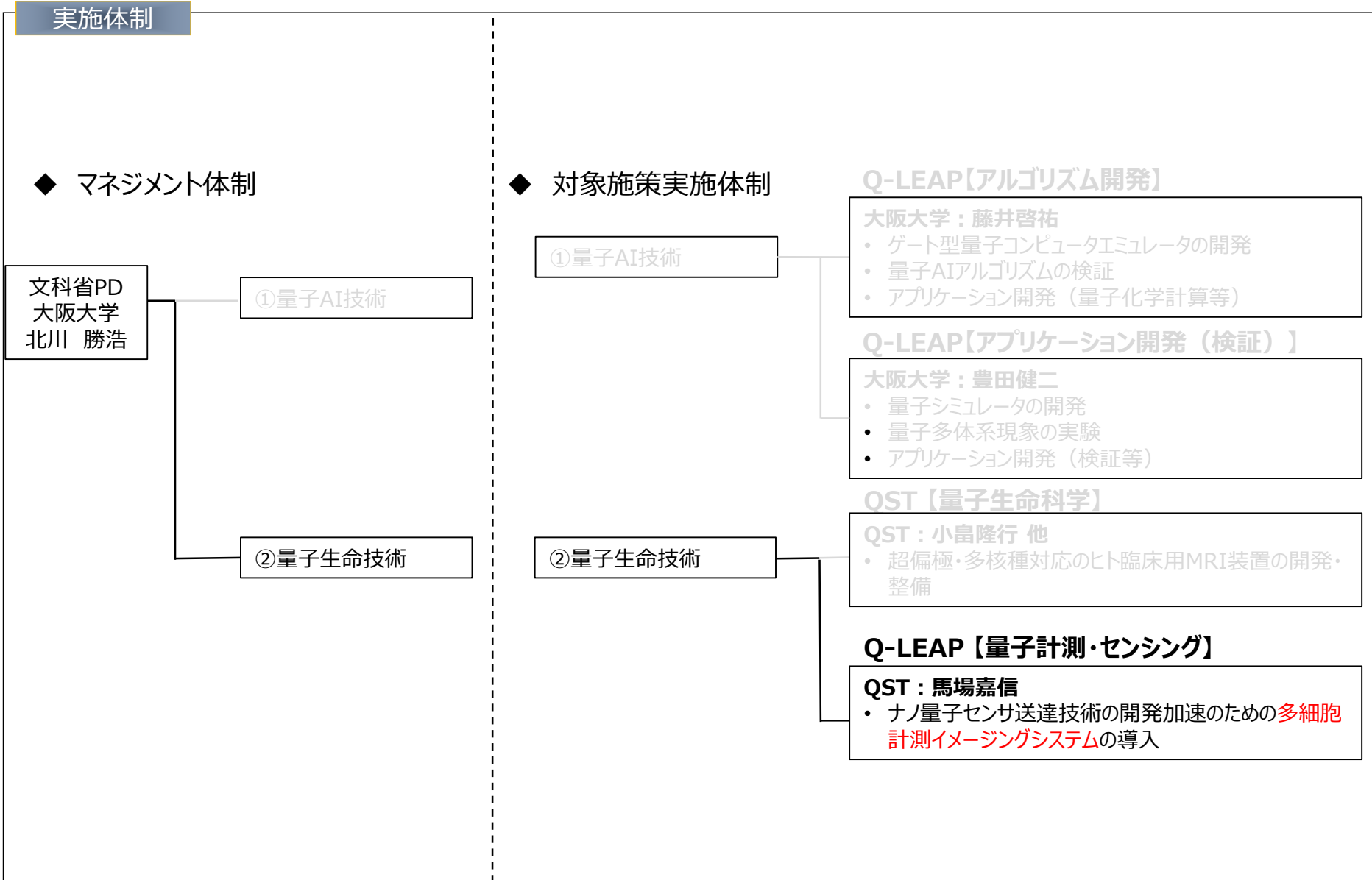
**資料5 「量子融合イノベーション領域」における研究開発の加速（量子生命技術）〈Q-LEAP〉の民間から貢献及び出口の実績（見込み）**

- 民間からの貢献額：5年で3千万円相当
  - ① 測定装置メーカー
  - ② 光学メーカー

当年度当初見込み	当年度実績
①測定装置メーカー 生体ナノ量子センサの送達技術開発の加速に向け人的な協力を含む共同研究等体制構築に向け調整を行う。	①測定装置メーカー 生体ナノ量子センサの送達技術開発の加速に向け人的な協力を含む共同研究等体制構築に向けた調整を開始した。
②光学メーカー 同上	②光学メーカー 同上

○出口戦略  
 出口戦略として生体ナノ量子センサシステムの社会実装の早期化を目指す。

当年度当初見込み	当年度実績
高品位な生体ナノセンサの製造技術を開発するにあたり、ナノダイヤモンドの細胞内計数を可能とする多数細胞計測イメージングシステムを導入し定量計測に向けた調整を実施する。これにより生細胞内の特定部位への送達技術の開発を加速する。	高品位な生体ナノセンサの製造技術を開発するにあたり、ナノダイヤモンドの細胞内計数を可能とする多数細胞計測イメージングシステムを導入し定量計測に向けた調整を実施した。これにより多数細胞計測イメージングシステムの基本設計の検証を行った。



実施体制

◆ マネジメント体制

文科省PD  
大阪大学  
北川 勝浩

①量子AI技術

②量子生命技術

◆ 対象施策実施体制

①量子AI技術

②量子生命技術

Q-LEAP【アルゴリズム開発】

大阪大学：藤井啓祐

- ゲート型量子コンピュータエミュレータの開発
- 量子AIアルゴリズムの検証
- アプリケーション開発（量子化学計算等）

Q-LEAP【アプリケーション開発（検証）】

大阪大学：豊田健二

- 量子シミュレータの開発
- 量子多体系現象の実験
- アプリケーション開発（検証等）

QST【量子生命科学】

QST：小島隆行 他

- 超偏極・多核種対応のヒト臨床用MRI装置の開発・整備

Q-LEAP【量子計測・センシング】

QST：馬場嘉信

- ナノ量子センサ送達技術の開発加速のための**多細胞計測イメージングシステム**の導入